

30 – Los plásticos: tipología, constitución, propiedades y aplicaciones. Procedimiento de identificación

1.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de los productos naturales orgánicos están constituidos mayoritariamente por macromoléculas complejas en las que aparecen repetidas de forma sistemática ciertos grupos de átomos con idéntica disposición relativa, llamados monómeros, unidos por enlaces covalentes. Debido a la actividad celular, miles de moléculas monoméricas quedan unidas en macromoléculas poliméricas cuya agregación origina los denominados polímeros naturales o biopolímeros.

La tecnología química ha permitido modificar la estructura molecular de estos materiales para su mejor aprovechamiento y además llegar a producir polímeros sencillos mediante polimerización de compuestos químicos sintéticos que han resultado de gran utilidad y que en la actualidad se producen masivamente, sustituyendo a veces con ventaja a los polímeros naturales e, incluso, a otros materiales.

Hoy en día lo que ya nadie discute es que estos materiales se han erigido en factor clave en el desarrollo industrial experimentado en los últimos años por sectores como la agricultura, la construcción, la alimentación, la medicina, las telecomunicaciones o el transporte.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLÁSTICOS

2.1. Estructura molecular de los polímeros

Las macromoléculas que constituyen los materiales poliméricos están formadas por secuencias de átomos de carbono entre los que pueden intercalar átomos de silicio, nitrógeno, oxígeno y azufre (entre otros), unidos por enlaces covalentes, constituyendo lo que se denomina una cadena molecular que puede ser lineal o reticulada.

A los polímeros que se obtienen a partir de monómeros idénticos se les conoce con el nombre de homopolímeros. Por el contrario, cuando dos monómeros que dan lugar al polímero son diferentes se obtiene una molécula nueva, de propiedades diferentes a la de cualquiera de los monómeros por separado. Este cuerpo se llama heteropolímero (copolímero) y tiene propiedades intermedias entre los monómeros constituyentes.

2.2. Peso molecular y grado de polimerización medio

Una peculiaridad de los materiales plásticos es que el peso molecular de las macromoléculas que lo constituyen no es el mismo, debido a que el número de moléculas que se agrupan en la reacción de polimerización (grado de polimerización) queda determinado por circunstancias casuales. Existe, por tanto, una distribución estadística de pesos moleculares de las moléculas que constituyen una muestra de polímero, debiendo definirse un peso molecular medio, un grado de polimerización medio u un índice de heterogeneidad que sirvan de referencia para caracterizarle. Ya que ello tiene una gran importancia en la determinación de todas las propiedades físicas de los plásticos.

2.3. Morfología de los polímeros orgánicos

Las propiedades que caracterizan a los polímeros orgánicos (constituidos mayoritariamente por carbono e hidrógeno) no sólo dependen de la estructura o configuración molecular y de la distribución estadística de los pesos moleculares, sino también de la disposición espacial o conformación de las cadenas moleculares. A diferencia de la configuración o estructura molecular, que no se puede modificar sin romper y volver a establecer los enlaces covalentes entre los átomos de cada

macromolécula, las formas que adoptan estas moléculas pueden modificarse por medios físicos: variaciones térmicas y esfuerzos mecánicos.

Podemos afirmar que las características (mecánicas, térmicas, químicas, etc.) de una pieza o producto fabricado con un material plástico dependerán, no sólo de la estructura macromolecular de la materia prima utilizada, sino también del proceso de transformación al que ha sido sometido y, en consecuencia, su cristalización.

3. PROCESO DE OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS. LA POLIMERIZACIÓN

Carothers distinguió dos tipos de polimerizaciones: las que se realizaban por condensación de monómeros (policondensaciones), en las que como subproductos de la reacción se forman moléculas sencillas y las que se producía por adición de dos monómeros (poliadicciones), en las que no se forman tales subproductos. Los polímeros resultantes de las primeras se denominaron policondensados (poliésteres, poliamidas, resinas fenólicas, etc.) y los de las segundas poliaductos (polietilenos, polibutadieno, poliuretanos, etc. por ejemplo).

Para obtener materiales plásticos con unas características determinadas, que cumplan en cada caso las condiciones necesarias para su utilización, debe controlarse debidamente el proceso de polimerización, lo que se consigue con la ayuda de agentes que intervienen en la reacción y que cumplen diferentes funciones. Estos agentes pueden clasificarse dentro de los siguientes grupos:

- a) Catalizadores. Sirven para activar la reacción polimérica.
- b) Retardadores. Retardan la acción polimérica.
- c) Inhibidores. Detienen completamente la reacción.
- d) Transferidores de cadenas. Provocan la formación de enlaces entre cadenas en puntos determinados de las mismas.

3.1. Proceso de polimerización

Se denomina polimerización al proceso químico por el que se obtiene un polímero a partir de una cantidad determinada de monómeros.

Para que se produzca la reacción de polimerización es necesaria la intervención de determinadas sustancias que actúan como catalizadores en cuya presencia el monómero se convierte en polímero.

Toda polimerización o reacción polimérica se desarrolla en tres fases o periodos:

- Fase de inducción. En este periodo, la reacción progresa lentamente, activada por el catalizador, hasta una conversión del 10% aproximadamente.
- Fase de propagación. La velocidad de reacción aumenta rápidamente produciéndose una conversión de hasta el 90%.
- Fase final o de terminación. SE ralentiza el proceso y termina la conversión del polímero.

3.2. Despolimerización

Al proceso inverso de la polimerización, es decir, a la descomposición del material plástico por la acción de agentes exteriores, se conoce con el nombre de despolimerización.

Este es un proceso no deseado por el que el plástico pierde parte (si no todas) de sus propiedades. Para evitar la despolimerización se adicionan productos que contrarrestan la acción de los agentes destructivos que la originan.

El agente destructivo que más incide en la despolimerización es la acción del calor: todos los plásticos se descomponen o despolimerizan con la acción del calor, al alcanzar una temperatura (característica de cada plástico) llamada temperatura de descomposición.

4. SUSTANCIAS ADITIVAS DE LOS PLÁSTICOS

Con el objeto de mejorar las cualidades del plástico, reducir su peso, mejorar su moldeabilidad y/o conferirles color, se suelen añadir sustancias de diversa naturaleza que se conocen como aditivos. Estos se clasifican en:

- a) **Cargas.** La adición de cargas minerales a los compuestos plásticos les proporciona un aumento de la rigidez, de la resistencia a la tracción y al impacto, disminución de la distorsión térmica y una mejora del comportamiento ante el fuego.

Las cargas más corrientes que se utilizan son: Serrín, fibras textiles, fibras de vidrio, fibras de amianto y minerales.

- b) **Colorantes.** Pueden ser tintes, que alteran de hecho el color de las resinas o pigmentos coloreados, con cuya presencia se imparte el color deseado.

Como requisitos imprescindibles de los colorantes, citaremos:

- Compatibilidad con la resina plástica que se va a mezclar.
- Dispersabilidad en las mismas.
- Estabilidad a altas temperaturas que se puedan alcanzar en el procesado del polímero (200 a 300° C) y en condiciones ambientales extremas.

- c) **Plastificantes.** Con ellos se aumenta y controla la fluidez del plástico durante el moldeo actuando a modo de lubricantes internos. La cantidad de plastificante es generalmente pequeña ya que los plastificantes casi siempre afectan a la estabilidad del producto acabado por pérdida gradual del mismo durante el envejecimiento natural del plástico.

- d) **Lubricantes.** Se emplean asimismo en cantidades pequeñas para mejorar la moldeabilidad y facilitar la extracción de las piezas de sus moldes.

- e) **Estabilizadores.** Su misión es contrarrestar los efectos de los agentes destructivos exteriores evitando la despolimerización del material plástico, como los antioxidantes.

- f) **Endurecedores.** Estas sustancias aceleran el endurecimiento de los plásticos o aumentan la dureza de los mismos.

- g) **Disolventes.** El efecto que se obtiene es semejante al de los plastificantes pero su acción es más enérgica ya que convierten el material plástico sólido en líquido.

- h) **Fibras reforzantes.** Con las fibras reforzantes se consigue mejorar las características mecánicas del plástico debido sobre todo a la gran longitud de estas

- i) **Espumantes.** Para hacerlos más ligeros e hincharlos para algunas aplicaciones específicas.

- j) **Antiignífugos.** Se adicionan para reducir la combustibilidad, al dificultar la entrada de oxígeno.

- k) **Antiestáticos.** Evitan la acumulación de cargas electrostáticas que dificultaría su manipulación. También evita que se acumule polvo sobre los objetos de plástico.

5. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

Esta clasificación esta referida a sus características fundamentales derivadas de su estructura molecular y su comportamiento con la variación de la temperatura y con los diversos disolventes:

- Termoestables.
- Termoplásticos.
- Elastómeros.

Aunque en esta clasificación existe cierto grado de solape.

5.1. Termoplásticos

La característica más significativa y que le da nombre a los polímeros termoplásticos es que se reblandecen, llegando a fluir si se someten a un calentamiento, volviendo a ser sólidos y duros cuando baja la temperatura. Este comportamiento le permite ser moldeado un número indefinido de veces, pues basta calentarlo para que reblandezca, se haga viscoso y sea introducido en un molde para que, al enfriarse, adquiera la forma del mismo.

Entre ellos se encuentra el PVC (Cloruro de Polivinilo), Nylon, Poliestireno (expandido y sólido), Polietileno, Polipropileno, PTFE (Politetrafluoretileno)...

- a) **Poliiolefinas.** Los polímeros y copolímeros de las olefinas de mayor uso son los derivados del etileno y propileno.

El polietileno posee una resistencia excelente a la mayor parte de los disolventes y productos químicos y es tenaz y flexible en un amplio margen de temperaturas.

Los derivados del propileno tienen un punto de reblandecimiento superior al del polietileno y son más fuertes y rígidos.

- b) **Polímeros vinílicos y acrílicos.**

- PVC.
 - PVC rígido. Es muy frágil y con el tiempo envejece con la consiguiente pérdida de resistencia y aumento de la fragilidad
 - PVC plastificado. Resistencia mecánica y resistividad eléctrica reducida. Útil como recubrimiento.
- Poliestireno (PS) y copolímeros. Es transparente, incoloro, muy duro y resistente, aunque frágil. Se reblandece a 90-95° C y a 140° C es un líquido viscoso, lo que lo hace adecuado para el proceso de moldeo por inyección. Tiene el inconveniente de ser atacado por muchos disolventes y no ser resistente al envejecimiento exterior.
- Poliacrolonitrilo (PAN), poliacrilatos y polimetacrilato de metilo (PMMA). Buena transmisión de la luz y la resistencia a la acción de la radiación solar. Así como buenas propiedades ópticas.

- c) **Poliamidas y poliésteres lineales (fibras sintéticas).** Alto grado de cristalinidad, posibilidad de absorción de agua... Son idóneos para la fabricación de fibras sintéticas.

- d) **Resinas termoplásticos especiales.** Esos plásticos sustituyen a los metales en la fabricación de piezas mecánicas y elementos de máquinas con una ventajosa relación resistencia mecánica/peso. Además ofrecen la posibilidad de ser mecanizados, pulidos...

Presentan además alta resistencia a la corrosión química, buenas propiedades eléctricas y coeficientes de rozamiento con los metales extraordinariamente pequeños.

5.2. Termoestables

Estos polímeros no se reblandecen ni fluyen por mucho que se eleve la temperatura, llegando antes a descomponerse que a fluir. Es por ello que este tipo de plásticos no puede ser moldeado repetidas veces. Por lo tanto, son convenientes para instrumentos que tienen que trabajar a cierta temperatura sin modificar su forma.

- a) **Resinas fenólicas.** Buena estabilidad dimensional, resistencia al calor y mecánica.
- b) **Resinas ureicas.** Ofrecen mayor resistencia a la tracción y dureza que las fenólicas, aunque menor resistencia al calor y a la humedad.
- c) **Resinas melamínicas.** Se obtienen productos con buen acabado superficial, alta resistencia al calor, dureza y menor absorción de agua que las resinas anteriores.
- d) **Resinas de poliéster.** Estas resinas, una vez tratadas, son infusibles e insolubles, con buena transparencia, elevado índice de refracción, alta estabilidad dimensional, buenas propiedades mecánicas y buena resistencia a los agentes químicos.

- e) **Resinas epoxídicas.** Elevada resistencia al agua, a los disolventes, ácidos y bases, así como a la mayoría de los agentes químicos.
- f) **Resinas de poliuretano.** Se presentan en forma flexible o rígida.

5.3. Elastómeros

Los elastómeros presentan la característica singular de que a temperatura ambiente pueden ser estirados al menos hasta el doble de su longitud original, para recobrarla con gran rapidez inmediatamente tras la desaparición de la tracción. Aunque son elásticos entre márgenes muy amplios, no obedecen a la ley de Hooke.

Los elastómeros, dependiendo a su naturaleza, pueden ser: Cauchos naturales, cauchos artificiales y elastómeros termoplásticos.

5.4. Polímeros derivados de la celulosa

La celulosa es el polímero natural más abundante en la naturaleza. En su forma más pura se encuentra en el algodón (80%) en forma de fibras que recubren las semillas.

Los derivados más importantes de la celulosa son: Nitrocelulosas, acetato de celulosa, éteres de la celulosa y celulosas regeneradas.

6. PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

6.1. Propiedades térmicas

Cuando se hace descender la temperatura de un polímero en estado de fluido se alcanza un punto conocido como temperatura de transición vítrea (T_v), en el que los materiales poliméricos sufren un marcado cambio de propiedades asociado con el virtual cese del movimiento a escala local.

Con carácter general, el requerimiento principal para que un polímero sea útil como material plástico a temperatura ambiente es que la temperatura de transición vítrea o la temperatura de fusión esté muy por encima de la temperatura ambiente. Por el contrario, el requerimiento esencial para que un alto polímero se utilice como caucho o elastómero es que su temperatura de transición vítrea este muy por debajo de la temperatura ambiente.

El comportamiento de los materiales termoplásticos frente al fuego directo o en contacto con los cuerpos incandescentes se caracteriza midiendo la resistencia a la calcinación o a la incandescencia.

Existen determinados productos que interfieren en la reacción en cadena que da lugar a la combustión. Son los denominados aditivos retardadores de llama.

6.2. Propiedades químicas

El ataque de los productos químicos es frecuentemente interno, caracterizándose por reblandecimientos, engrosamientos y pérdida de resistencia material. Una regla general de la química, que dice que “materiales afines se atraen y diferentes se repelen”, nos sirve para predecir la resistencia química de los polímeros. Así, un polímero es más soluble en un disolvente con estructura química semejante que en otro con distinta estructura química.

La acción de los disolventes sobre los polímeros puede dar lugar a diferentes efectos: disolución, hinchazón, permeabilidad, rotura por esfuerzos ambientales y agrietamiento.

Tanto los disolventes como los ácidos, las bases y los oxidantes fuertes, pueden considerarse como los grandes enemigos de los plásticos.

6.3. Propiedades eléctricas

En cuanto a su comportamiento ante la electricidad, podemos considerar los polímeros como materiales aislantes eléctricamente hablando, pero su composición puede ajustarse para permitir cierta conductividad.

6.4. Propiedades sensoriales

Definimos como propiedades sensoriales a las que percibimos por los sentidos, como son el color y el acabado.

6.5. Propiedades mecánicas

La forma de las curvas de tracción (esfuerzo por unidad de superficie/alargamiento) en un mismo material depende de la temperatura en que se registran. En realidad, existe una temperatura frontera, que delimita dos zonas a las que corresponden propiedades mecánicas muy diferenciadas, es la que habíamos denominado, temperatura de transición vítrea.

- a) Resistencia al impacto
- b) La dureza
- c) La fatiga
- d) La estabilidad dimensional
- e) Conformabilidad
- f) Resistencia a la torsión y dureza

6.6. Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas más interesantes de los materiales plásticos son las relacionadas con su capacidad de transmitir la luz, tomar color y disponer de brillo, lo que proporciona a los objetos fabricados una apariencia visual estética de alta calidad.

Las propiedades más destacadas son:

- a) Transmisión y reflexión de la luz
- b) Absorción de la luz y color
- c) Fotodegradación

Para evitar el efecto perjudicial de la luz y de las radiaciones se adicionan pigmentos absorbentes o cargas que absorben las radiaciones en las proximidades de la superficie protegiendo así el interior.

6.7. Permeabilidad a los gases y vapores

La permeabilidad de un plástico es una propiedad fundamental que determina no sólo la capacidad de actuar como una “barrera” frente a gases y vapores impidiendo su difusión a través de los mismos sino que incide en el deterioro del plástico frente a determinados agentes.

7. APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS

El uso de materiales plásticos como materia prima en diferentes sectores de la industria ha desplazado otros materiales tradicionales, llegando a ser los más utilizados (en envases, por ejemplo).

España ocupa el séptimo lugar de la clasificación mundial en cuanto a consumo de plásticos.

Aplicaciones más extendidas de los plásticos:

- a) **Sector del envase y embalaje.** Los requisitos que debe cumplir un material para ser útil como envase son:
 - Debe proteger los productos que contiene contra los agentes ambientales: aire, agua, humedad...
 - No debe modificar las propiedades del contenido.
 - Debe evitar la pérdida de aromas del producto.
 - Debe proteger contra la radiación luminosa.
 - Debe proteger contra la compresión y el impacto.
 - Debe cumplir las normas sanitarias existentes.

Los plásticos cumplen estos requisitos como consecuencia del efecto barrera que presentan, al no permitir el intercambio de gases con el interior ni con el exterior. También presentan la ventaja de que los componentes con los que van aditivados no migran hacia los productos que contienen, por lo que queda descartada cualquier posibilidad de contaminación del material contenido por causa de estos aditivos.

Además de las ventajas vistas anteriormente, presentan las siguientes cualidades que hacen que sean los materiales más usados en la industria del envase:

- Su ligereza hace que disminuya el peso muerto de cada producto envasado, con el consiguiente ahorro energético en el transporte y un aumento de la cantidad de producto trasladado por viaje.
- Facilidad para ser serigrafiados, evitando la utilización de diferentes materiales para el etiquetado.
- Se adaptan como envase de productos tan dispares como los alimentos y los electrodomésticos, por lo que su versatilidad es altísima.

b) **Sector agrícola.** Estas aplicaciones se pueden clasificar en dos grandes grupos:

El primer grupo engloba la aplicación directamente en la producción agrícola y el segundo grupo abarcaría a los plásticos usados en la comercialización y el consumo, y que no intervienen en la producción.

c) **Medicina.** La aplicación de los plásticos en la medicina no se centra solamente en el campo de la cirugía, sino que se incorporó hace tiempo al campo de la farmacología.

En cirugía, su aplicación se centra en el uso de prótesis (duras o blandas), realizadas con materiales llamados biocompatibles, que no producen el rechazo por parte del organismo receptor.

d) **Construcción.** Desde los materiales termoplásticos blandos, pasando por los termoplásticos duros, hasta los compuestos, todos tienen aplicaciones en casi todos los aspectos de la construcción.

e) **Automoción.** Los plásticos están entrando con gran fuerza en este sector como consecuencia de la ligereza, resistencia, tenacidad y facilidad de moldeo que presentan estos materiales.

Además de sus ideales características tenemos que señalar la posibilidad de reciclado del mismo, factor que cada vez tienen más en cuenta los fabricantes.

8. METODOS DE IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Para identificar un plástico desconocido lo más inmediato a realizar es determinar si se trata de un termoplástico, un termoestable o un elastómero.

Si es duro y fibroso, se trata de un termoestable reforzado. Si se aplica calor y el material se ablanda y fluye, se trata de un termoplástico. Si al aplicar calor el material no se ablanda y se destruye, estamos ante un termoestable.

El método de identificación más común consiste en el método destructivo de identificación por combustión. Este método se realiza quemando un trozo de material y examinar las características de la combustión (llama, humo, olor). La comparación de estas características con las de una tabla de referencia proporciona datos suficientes para aproximarnos al tipo de material del que se puede tratar.

Antes de proceder a la identificación por combustión es conveniente realizar una serie de ensayos preliminares de los que obtendremos datos orientativos del tipo de plástico que pretendemos analizar. Estos ensayos preliminares, análisis químicos, son: Determinación de la densidad, índice de refracción, índice de Yodo, índice de hidroxilo, índice de carbonilo, solubilidad, índices de acidez y saponificación, puntos de fusión y de ablandamiento, transparencia, flexibilidad y comportamiento frente al impacto.